

Beobachtungen von Hautreaktionen
am Schwein bei Röntgenbestrahlung unter
Verwendung eines Gitters

von

HELLMUTH HAHN

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Erlangen

Direktor: Prof. Dr.med. N.Henning

Beobachtungen von Hautreaktionen am Schwein bei
Röntgenbestrahlung unter Verwendung eines Gitters

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

zu

E r l a n g e n

Vorgelegt von

Hellmuth H a h n

aus Bissendorf/Hannover.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen.



Referent: Privatdozent Dr.Ing. F.Wachsmann
Korreferent: Professor Dr.med. N.Henning
Dekan: Professor Dr.med. C.Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 6.März 1956

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung

- 1.) Allgemeines über die Möglichkeiten der Hautschonung während der Bestrahlung.
- 2.) Übersicht und Einführung in die über die Gitterbestrahlung vorhandene Literatur.
- 3.) Zusammenstellung der Autoren und ihrer verwendeten physikalischen Daten bei der Gitterbestrahlung.
- 4.) Fragestellung.

II. Eigene Versuche

- 1.) Wahl der Versuchsbedingungen
 - a) Versuchstier
 - b) Narkose
 - c) Haltevorrichtung
 - d) Fixierung des Bleigummigitters
 - e) Physikalische Daten
 - f) Bestrahlungsplan
- 2.) Bestrahlungs- und Beobachtungsprotokoll mit Abbildungen.
- 3.) Allgemeinzustand des Schweines während der Versuche.
- 4.) Auswertung der Versuchsergebnisse.

III. Zusammenfassung.

IV. Schrifttum.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung.

1.) Allgemeines über die Möglichkeiten der Hautschonung während der Bestrahlung.

Seit Röntgenstrahlen zur Tiefentherapie angewendet werden, ist es das Bestreben der Strahlentherapeuten, Methoden zu entwickeln, die die Haut vor übermäßigen Bestrahlungsschäden bewahren.

Am bekanntesten und verbreitetsten ist die Methode, die Gesamtdosis nicht auf einmal, sondern in Teildosen mit eingelegten Pausen zu verabreichen; die sogenannte fraktionierte Bestrahlung.

Eine andere Möglichkeit die Haut zu schonen, besteht in der Anwendung harter Strahlen, diese schädigen - bezogen auf gleiche Tiefendosen - die Haut weit weniger als die weichen Strahlen, weil die Oberflächendosis kleiner ist.

Ein anderer Weg, die Haut zu entlasten, besteht darin, die insgesamt verabreichte Oberflächendosis auf der Haut zu verteilen. Bei der Mehrfeldbestrahlung oder Kreuzfeuerermethode werden tiefliegende Herde nicht über ein, sondern mehrere feststehende Felder bestrahlt; bei der Bewegungsbestrahlung dagegen bewegt sich das Strahleneintrittsfeld während der Bestrahlung kontinuierlich auf der Haut.

Auf einem ganz anderen Prinzip beruht die Gitterbestrahlung. Bei ihr wird die Hauttoleranz durch Auflegen eines Gitters, durch das hindurchgestrahlt wird, heraufgesetzt, obwohl die offene Fläche, über die eingestrahlt wird, im Gegensatz zur Kreuzfeuerermethode durch dazwischenliegende unbestrahlte Hautbezirke verkleinert ist.

Köhler (1) verwandte im Jahre 1909 die Gitter- oder Siebbebestrahlung mit Hilfe eines "Metalldrahtschutznetzes" als erster. In der Folgezeit wurden nur einzelne Versuche mit dieser Methode gemacht. Sie findet erst dreißig Jahre später, vor allem in den angelsächsischen Ländern, häufigere Verwendung.

Eine Zusammenstellung der verschiedenen Möglichkeiten der Hautschonung ergibt folgende Einteilung:

1. Fraktionierte Bestrahlung,
2. Anwendung harter Strahlen,
3. Verteilung der Dosis auf der Haut,
 - a) Kreuzfeuermethode,
 - b) Bewegungsbestrahlung,
 - c) Gitterbestrahlung.

Von Untersuchungen über die letztgenannte Methode soll hier berichtet werden.

2.) Übersicht und Einführung in die über die Gitterbestrahlung vorhandene Literatur.

Im Jahre 1909 berichtet Köhler (1) erstmals über die Möglichkeit eines Hautschutzes bei der Röntgentherapie mit Hilfe eines Metallnetzes. Dieses Netz entsprach in seinem Aussehen und Material ungefähr dem, was wir unter Fliegengaze verstehen. Der Verfasser vermutete, daß die durch den Draht geschützten Hautstellen bei der Heilung eine bessere Grundlage für die Regeneration der geschädigten Epidermis böten. Er erreichte eine Erhöhung der Hauttoleranzdosis um das 5- bis 10-fache.

1925 beschäftigte sich Abeles (2) erneut mit dieser Methode, lehnt sie aber fast ganz ab, indem er auf die Inhomogenität der Strahlen in der Tiefe hinweist.

Zu Beginn der dreißiger Jahre arbeiten fast gleichzeitig, aber unabhängig voneinander Woenkhaus (3), Haring (4), Grynkrant und Sitkowski (5), sowie Liberson (6) an der Siebbestrahlung. Woenkhaus empfiehlt die Siebbestrahlung als Zusatz für die damals gerade aufkommende fraktionierte protahierte Bestrahlungsmethode. Während Haring wie auch Grynkrant und Sitkowski die Inhomogenität für erstrebenswert halten, um eine gute Regenerationsbasis zu gewinnen, wendet Liberson die "reziproke Bestrahlungsmethode" an, um eine Homogenität der Bestrahlung zu gewährleisten. Er benutzt dabei den zwischen den Löchern des Siebes gelegenen Raum als Komplementärgitter.

indem er die ausgestanzten Bleischeiben in ihrem ursprünglichen Abstand auf ein Stoffnetz aufklebt. Durch dieses zweite Gitter wird dann nachbestrahlt. Alle letztgenannten Autoren geben eine Strahlendosiserhöhung von 100-300 % an, ohne die Haut mehr als üblich zu schädigen.

Seit 1941 hat Jolles (7) sich mit der Gitterbestrahlung beschäftigt und seine umfangreichen Erfahrungen und Ergebnisse sowie die anderer Autoren in seinem 1953 erschienenen Buch "X-Ray Sieve Therapie in Cancer, A Connective Tissue Problem" zusammengefaßt. Er findet, daß die Dosis über dem Gitter sich zu der Dosis unter dem Gitter etwa verhält, wie die gedeckte Fläche zur ungedeckten. 1949 verwendet Jolles die fraktionierte reziproke Gitterbestrahlung von Liberson (6). Er benutzt hierzu ein schachbrettartiges Gitter aus Blei. Bei Anwendung dieser Methode stellt er fest, daß die Regeneration der bestrahlten Hautbezirke noch während der Bestrahlung von den geschützten Feldern ausgeht und sich während der zweiten Bestrahlungsserie mit dem reziproken Gitter unter den jetzt geschützten Feldern gut weiterentwickelt. Ferner werden klinische Beobachtungen beschrieben, wie sich die Tumoren unter der Gitterbestrahlung verhalten. Von allen Geweben, die im Bestrahlungsfeld gelegen haben, entnimmt er durch Biopsien Material zur histologischen Untersuchung. Seine verwendeten Gitter haben eine Feldgröße von $40-200 \text{ cm}^2$ mit einem Öffnungsverhältnis von 50 %. Seine Gesamtdosen liegen um 10 000 r Einfallsdosis, die in täglichen Dosen von 500 r Einfallsdosis verabreicht werden.

1950 und 1952 veröffentlicht Marks (8) seine Erfahrungen bei über 100 behandelten Fällen. Er kommt zu dem Schluß, daß man die reziproke Bestrahlungsmethode fallen lassen soll, da man bei der "Einortsbestrahlung" mit einem Gitter höhere Dosen anwenden könne. Außerdem empfiehlt er, als Gittermaterial Bleigummi anstatt Blei zu verwenden, um die beim letzteren höhere Sekundärstrahlung zu vermeiden. 1954 berichtet der Verfasser über die Bestrahlung von tiefliegenden Tumoren mit Hilfe der Kreuzfeuermethode, die Haut bedeckt er dabei mit einem Gitter.

Seit 1950 verwendeten Bodstein und Harris (9) die ortsgleiche Gittermethode an 140 Patienten. Sie erhalten eine Steigerung der Hauttoleranzdosis um das 2 1/2- bis 3-fache bei einem Öffnungsverhältnis von 40 %. Außerdem bemerken sie, daß die Erscheinungen des sonst üblichen Röntgenkaters in vielen Fällen ausbleiben.

1952 wendet sich Harris (10) wie auch später Jolles (7) gegen den Vorwurf der inhomogenen Bestrahlung der Tumoren. Sie verweisen auf die größere Sekundärstrahlung durch Erhöhung der Einfallsdosis und die guten klinischen Erfolge. Jolles und Mitchell (11) geben 1954 einen Inhomogenitätsquotienten für verschiedene Öffnungsverhältnisse an, der Harris Beobachtungen bestätigt. Eine Dosis über 18 000 r Einfallsdosis hält Harris im Gegensatz zu Marks, dessen Angaben bis 27 000 r Einfallsdosis gehen, als für zu hoch.

1953 erscheinen Freid, Lipman und Jacobsons (12) Ergebnisse über die Gitterbestrahlung. Sie verwenden bei einer Feldgröße von 200 cm² durchschnittlich 12 000 - 16 000 r Einfallsdosis. Die Bestrahlungsdauer erstreckt sich auf über 4 Wochen; es werden täglich 400 - 1500 r Einfallsdosis gegeben. Das Öffnungsverhältnis beträgt 40 %. Nach 30 bis 40 Tagen tritt eine gitterförmige Epitheliolyse auf, die nach zwei Monaten gewöhnlich abgeheilt ist. Die Hautreaktionen sind in der Mitte des Feldes häufig stärker als am Rande. Die geschützten Hautstellen zeigen später eine stärkere Pigmentierung. Diese Angaben über das klinische Verhalten der Haut entsprechen denen von Bodstein und Harris (9), Jolles (7), sowie Harris (10).

Devois, Tavernier und Desanti (13) bestrahlen unter den oben angegebenen Bedingungen nur bis zum Auftreten eines Erythems und erreichen so nur 12000 r Einfallsdosis.

Aus dem Leningrader Strahleninstitut berichtet Strelin (14) 1955 über die Verwendung einer anderen als bisher üblichen Gitterkonstruktion. Dieses Gitter besteht aus parallel nebeneinander liegenden Bleistreifen, deren Breite halb so groß ist wie ihr Abstand zueinander. Das Öffnungsverhält-

nis wird mit 65 % angegeben. Bei der fraktionierten Bestrahlung wird das Gitter jedesmal um 90° gedreht. Eine genaue Abdeckung der einmal geschützten Hautstellen hält er nicht für nötig.

Loevinger und Minowitz (15), Mitchell (16), Jacobson und Lipman (17), Cohen und Palazzo (18), Jacobson (19) sowie Marcuse und Mellink (20) haben umfangreiche Tiefendosenmessungen am Phantom durchgeführt und mit ihren Ergebnissen erst eine quantitative Gittertiefentherapie möglich gemacht.

Die von den verschiedenen Autoren gemachten Angaben über die Gitterbestrahlung sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

3. Zusammenstellung der Autoren und ihrer verwendeten physikalischen Daten bei der Gitterbestrahlung

Tabelle 1

Autor und Jahr	Bestrahlungsobjekt	Zeitl. Dosisverteilung	Strahlenqualität u. FHA	Gittermaße:		Öffnungsverhältnis	Gittermaterial	Dosis	Abheilungszeit
				Feldgröße	Lochgröße				
	Haut von	Tage	kV Filterung	cm ²	cm ²	%	Pb-Gleichwert		Tage
Köhler 1909	Mensch	frakt.	- 30	-	0,01 bis 0,02	-	Eisen	5-10 fache HTD	-
Liberson 1933	Mensch	frakt. 5 Mon.	- -	-	0,016	25 bis 75	Blei 2mm Ø	-	-
Woenkhaus 1934	Mensch Kaninch.	- einzeitig.	180 0,5mm Zn 3,0mm Al 30 dto.	48 bis 225 6,25	0,64 bis 25,0	88	Blei 2 mm Ø	2-4 fache HTD	-
Haring	Mensch	einzeitig.	180 0,5mm Cu 2,0mm Al	80 oder 225	0,014	50	Blei	3fache HTD	-
Grynkrant u. Sitkowski 1936	Kaninch. Mensch	frakt. 3 11	100 1 mm Al 23 180 0,5mm Cu 1 mm Al	9 bis 150 221	1 bis 9 9	12 bis 70 50	Blei 2 mm Ø mit Alum. 1 mm Ø dto.	- 2fache HTD	-

1) Die Dosis ist hier entweder im Mehrfachen der Hauttoleranzdosis (HTD) oder in r Einfallsdosis (ED) angegeben.

Tabelle 1. 1. Fortsetzung

Autor und Jahr	Bestrahlungszeit	Zeitl. Dosisverteil.	Strahlenqualität u. PHA	Gittermaße:		Öffnungsverhält.	Gittermaterial	Dosis	Abheilungszeit
				Feldgröße	Lochgröße				
	Haut von	Tage	kV; HWS	cm ²	cm ²	%	Pb-Gleichwert		Tage
Jolles 1949	Mensch	frakt. 3 Mon.	140 0,25mm Cu ¹⁾ 1,0 mm Al 25 200	120	1	50	Blei 3 mm Ø mit Alum. 1 mm Ø	21200 r ED	-
		29	1,0mm Cu 50	120	1	50	dto.	8500 r ED	26
Jolles 1950 u. 1952	Mensch	frakt. 21 bis 47	200 1,75mm Cu oder 180 1,25mm Cu	40 bis 200	1,0	50	Blei 3 mm Ø mit Alum. 1 mm Ø	9000 bis 20000 r ED	50
Marks 1950 u. 1952	Mensch	frakt. 24-78 21	- 0,9mm Cu 50 - - dto.	48 bis 150 150	0,25 bis 4,0 0,2 u. 1,76	40	Bleigummi	bis zu 24000 r ED 12000 r ED	80 -
Bodstein u. Harris 1951	Mensch	frakt. 30	200 0,95 mm Cu 50 oder 400 3,5 mm Cu 70	200	1,0	40	Bleigummi 4 mm Ø	4000 bis 24000 r ED	83 bis 100

1) Filterung, keine HWS.

Tabelle 1. 2. Fortsetzung

Autor und Jahr	Bestrahlungszeit	Zeitl. Dosisverteil.	Strahlenqualität u. FFA	Gittermaße: Feldgröße	Gittermaße: Lochgröße	Öffnungsverhältnis	Gittermaterial	Dosis	Abheilungszeit
Harris 1952	Haut von Mensch	Frakt. 28	200 kV; HWS 50 oder 400 cm	50 bis 400 cm ²	1,0 u. 1,55 cm ²	40 %	Pb-Gleichwert Bleigummi 4mm Ø 1 mm	18000 r ED	80 Tage
Freid Lipman Jacobson 1953	Mensch	frakt. 28	200 0,94mm Cu 50	200	1,3	40	Bleigummi 1,3 mm	600 bis 24000 r ED	80
Devois Tavernier Desanti 1954	Mensch	frakt.	200 1,5mm Cu 50	-	-	40	Bleigummi 1 mm	1200 r ED	
Strelin 1955	Kaninchen Mensch	frankt. frakt.	90 1mm Al 1) 23 190 0,5mm Cu 1) 1,0mm Al 30	30 30	0,02 Streifenabstand 0,45mm Streifenbreite 0,25mm	10 bis 65 10 bis 65	Blei Blei	3-fache HTD 3-fache HTD	

1) Filterung, keine HWS.

4.) Fragstellung.

Nach den Angaben in der Literatur scheint die "ortsgleiche" Bestrahlung bei der Gittermethode in letzter Zeit bessere Erfolge gehabt zu haben und ist auch deswegen von Marks (8), Bodstein u. Harris (9) und Harris (10) empfohlen worden. Die Bestrahlung mit einem zweiten komplementärgitter, dem "reziproken Gitter" nach Liberson, wurde vorwiegend zur Vermeidung einer inhomogenen Bestrahlung angewendet. Liberson (6) und Grynkrant (21) weisen auf diesen Umstand besonders hin. Nur Jolles (7) glaubte mit dieser Methode auch die Hauttoleranzdosis steigern zu können, ohne allerdings nähere Angaben zu machen. Es fehlt also eine klare Gegenüberstellung der Ergebnisse von Bestrahlungen mit ortsgleichem und Komplementärgitter, die nur die Hautreaktion beachten, ohne Berücksichtigung irgendeiner Therapie.

Es ist somit zu untersuchen, wie die Hautreaktionen ausfallen bei Bestrahlung zweier gleich großer Felder mit gleich hohen Dosen und in der gleichen Zeiteinheit:

Einmal unter Verwendung eines Gitters, das bei der Zweitbestrahlung dieselben Hautstellen schützt wie bei der Erstbestrahlung. Diese Methode wird in dem folgenden Text als ortsgleiche Gitterlage bezeichnet.

Und zum anderen unter Verwendung eines Komplementärgitters, das während der Zweitbestrahlung die zuerst bestrahlten Felder abdeckt. Diese Methode wird in dem folgenden Text als versetzte Gitterlage bezeichnet.

II. Eigene Versuche.

1.) Wahl der Versuchsbedingungen.

a) Versuchstier.

Als Versuchstier wurde ein Schwein vom pigmentarmen Typ genommen. Die Haut dieses Tieres bietet ähnliche physiologische Bedingungen, wie man sie beim Menschen findet. Es konnten Feldgrößen verwandt werden, die auch sonst therapeutisch üblich sind. Das Gewicht des Versuchstieres betrug am ersten Versuchstag 43 kg.

b) Narkose

Bei der ersten Bestrahlung wurde eine intravenöse Pernoctonnarkose gemacht. Es wurden $0,2 \text{ cm}^3 / \text{kg}$ Körpergewicht einer 11 % Pernoctonlösung in eine Ohrvene gegeben. Da die Schlafdauer nur 90 Minuten betrug, verwandten wir beim nächsten Mal Sulfonal als Narkotikum. Es wurden $0,5 \text{ g/kg}$ Körpergewicht in einem halben Liter Milch gereicht. Die erste Sulfonalgabe nahm das Tier freiwillig; bei den folgenden Narkosen wurde das Tier von zwei Leuten aufrecht in einer Stallecke festgehalten und ein weiterer Helfer goß das Sulfonal-Milchgemisch mit Hilfe einer Flasche schluckweise weit hinten auf den Zungengrund. Ein kleiner Verlust an Narkotikum ließ sich dabei nicht vermeiden. Bis zum Eintritt des Schlafes blieb das Tier völlig ungestört etwa eine Stunde im Stall. Bei der Sulfonalnarkose muß das Tier 24 Stunden vorher nüchtern bleiben. Die Schlafdauer betrug anfangs bis zu 48 Stunden, später nur noch 5 Stunden. Während der Narkose traten Erbrechen, Würgen und Stuhl- und Wasserentleerung auf. Eine intramuskuläre Pernoctonnarkose hatte keinen Erfolg.

c) Haltevorrichtung

Es wurde ein Holzbock verwandt, bei dem das Schwein auf dem Bauch ruht, indem die Beine durch den doppelt

geteilten Boden gesteckt wurden. Das Tier war mit einem breiten Stoffgurt auf dem mit alten Decken gepolsterten Bock festgebunden (Bild Nr.1 u.2). Der Bock war um seine Längsachse schwenkbar.

d) Fixierung des Bleigummigitters.

Zwei Tage vor der angesetzten Bestrahlung wurde das Tier mit einer Handhaarschneidemaschine an den betreffenden Hautbezirken möglichst gut ausrasiert. Es zeigte sich sofort ein hochgradiger Dermographismus, der innerhalb von 24 Stunden abklingt. Gegen Seife oder Rasiercreme war die Haut außerordentlich empfindlich. Auf die so vorbereitete Haut wurde das Gitter mit "UhuLeim" aufgeklebt. Um das Gitter wurde noch ein 40 x 30 cm großes Bleigummi gelegt, aus dem ersteres herausgeschnitten war. Die Nahtstellen dieser beiden Bleigummistücke wurden mit Bleistreifen abgedeckt und das Ganze mit Leukoplast am Schwein sowie am Holz des Bockes befestigt (Bild Nr.4). Bei den jeweiligen Zweitbestrahlungen wurden einzelne Zwischenräume des nicht sehr starken Gittererythems zur leichteren Orientierung mit einem Fettstift markiert.

Eine peinlich genaue Abdeckung oder Aussparung der Erythemkästchen bzw. deren Zwischenräume war nicht möglich, da das Erythem um etwa einen halben Millimeter in die nicht bestrahlten Zwischenräume hinübergreift.

e) Physikalische Daten.

Wir verwendeten 120 kV, 20 mA, Leerfilter (entspricht 2,5 mm Al) und einen FHA von 30 cm. Das Gitter bestand aus Bleigummi mit einem Pb.-Gleichwert von 0,5 mm. Die Feldgröße betrug 8 x 10 cm, die Lochgröße 1 cm im Quadrat und das Öffnungsverhältnis 50 % (Bild Nr.4).

Die Berechnung der Einfallsdosis erfolgte bei gegebener Oberflächendosis mit dem von Loevinger (22) angegebenen Gitterfaktor: $s = p + q (1-p)$. Dabei ist:

p = Anteil des Gitterfeldes, der offen ist,

$1-p$ = Anteil des Gitterfeldes, der geschlossen
ist,

$100 q$ = Strahlendurchlässigkeit des Gittermaterials in %.

Die Einfallsdosis multipliziert mit dem Wert des Gitterfaktors ergibt die Oberflächendosis.

$$DO = ED \times s; ED = \frac{OD}{s}$$

Mit Hilfe der so errechneten Einfallsdosis und unter Berücksichtigung des Rückstreuwertes nach Wachsmann, Hecke und Schirren (23) sowie der durchgeführten Dosismessung mit dem "Siemens Universaldosimeter" wurde dann die jeweilige Bestrahlungszeit errechnet.

f) Bestrahlungsplan (Bild Nr.3).

Um der Fragestellung zu genügen, werden vier Felder angelegt, von denen Feld Nr.1 und 2 mit der Hauttoleranzdosis belastet werden. Nachdem die hier zu erwartenden Strahlenschäden ausgeheilt sind, werden beide Felder mit der halben Dosis nachbestrahlt und zwar Feld Nr.1 bei versetzter Gitterlage, so daß die zuerst geschützten Hautfelder jetzt belastet werden. Feld Nr.2 wird bei ortsgleicher Gitterlage nachbestrahlt, so daß dieselben Hautstellen nochmals den Strahlen ausgesetzt sind. Feld Nr.3 und 4 werden nur mit der halben Hauttoleranzdosis bestrahlt, weil die Nachbestrahlung mit derselben Dosis schon früher als bei Feld Nr.1 und 2, nämlich in die maximale Hautreaktion hinein, erfolgt. Das Gitter wird bei Feld Nr.3 versetzt und bei Feld Nr.4 ortsgleich angelegt.

2.) Bestrahlungs- und Beobachtungsprotokoll mit Abbildungen.

Wie aus dem Bestrahlungsplan hervorgeht, sind vier Felder angelegt worden, von denen Feld Nr.1 und 2 mit einer Oberflächendosis von 4400 r in einer Sitzung bestrahlt wurden. Nach 19 bzw. 21 Tagen trat ein Gittererythem auf, das nach 3 bzw. 5 Tagen in eine mittelschwere gitterförmige Epitheliolyse überging (Bild Nr.5 und 6). Nach 51 bzw. 47 Tagen waren die Hautreaktionen abgeheilt. Die Haut war allerdings dünn und atrophisch und zeigte eine leichte Pigmentierung auf den unbestrahlten Hautfeldern. Nun wurde die Nachbestrahlung mit 2750 r je Feld angesetzt (Bild Nr.7 und 8).

Feld Nr.1 erhielt die Bestrahlung bei versetzter und Feld Nr.2 bei ortsgleicher Gitterlage. Bereits nach 8 Tagen begann sich im Zentrum des Feldes Nr.2 eine zusammenfließende schwere Epitheliolyse auszubreiten (Bild Nr.9). Auf Feld Nr.1 dagegen trat erst nach 21 Tagen eine leichte Epitheliolyse auf, die sich nur im Zentrum des Feldes zeigte (Bild Nr.9).

Bei Feld 3 und 4, die nur die Halbdosis von je 2200 r Oberflächendosis erhielten, trat nach 27 Tagen ein schwaches Erythem auf (Bild Nr.10 und 11). In dieses wurde zwei Tage später auf Feld Nr.3 bei versetzter und auf Feld Nr.4 bei ortsgleicher Gitterlage hineinbestrahlt. Nach 5 Tagen gab es auf beiden Feldern eine mittelschwere, gitterförmige Epitheliolyse (Bild Nr.12), die nach 43 Tagen auf Feld Nr. 3 (versetzt) und nach 53 Tagen auf Feld Nr.4 (ortsgleich) abheilte (Bild Nr.13).

3.) Allgemeinzustand des Schweines während der Versuche.

Wie die Beobachtung gegenüber zwei fast gleichschweren unbestrahlten Tieren ergab, war die Strahleneinwirkung auf den Gesamtorganismus ungünstig. Das gilt sowohl für das Allgemeinbefinden als auch für das weitere Wachstum des Tieres. Das Schwein trat wiederholt nach den Bestrahlungen und besonders nach Auftreten der Epitheliolysen wenig oder gar nicht gefressen. Später war auch eine Einschränkung des Bewegungsdranges zu bemerken. Nach 157 Tagen verendete das Tier an den Folgen eines sekundären Strahlenschadens. Es wog zu diesem Zeitpunkt 60 kg, während die noch lebenden Vergleichstiere einen Gewichtszuwachs von 150 % zu verzeichnen hatten.

4.) Auswertung der Versuchsergebnisse.

Zunächst folgt zur leichteren Übersicht eine gedrängte Zusammenstellung der beobachteten Reaktionen:

Feld Nr.1 (versetzte Gitterlage):

1. Bestrahlung am 15.1.1955 mit 4400 r.

Erythem nach 19 Tagen aufgetreten.

Epitheliolyse nach 21 Tagen aufgetreten (Bild Nr.5).

Abheilung erfolgte nach 51 Tagen (Bild Nr. 8).

2. Bestrahlung am 30.3.1955 mit 2750 r.

Epitheliolyse nach 21 Tagen aufgetreten (Bild Nr.9).

Feld Nr.2 (ortsgleiche Gitterlage)

1. Bestrahlung am 22.1.1955 mit 4400 r.

Erythem nach 21 Tagen aufgetreten (Bild Nr.5).

Epitheliolyse nach 26 Tagen aufgetreten (Bild Nr.6).

Abheilung war nach 47 Tagen erreicht (Bild Nr.7).

2. Bestrahlung am 6.4.1955 mit 2750 r.

Epitheliolyse nach 8 Tagen aufgetreten (Bild Nr.9).

Feld Nr.3 (versetzte Gitterlage)

1. Bestrahlung am 22.1.1955 mit 2200 r.

Erythem nach 27 Tagen aufgetreten (Bild Nr.10).

2. Bestrahlung in das Erythem mit 2200 r.

Epitheliolyse nach 5 Tagen (nach der 2.Bestrahlung)
aufgetreten (Bild Nr.12).

Abheilung war nach 43 Tagen (nach der 2.Bestrahlung)
erreicht (Bild Nr.13).

Feld Nr.4 (ortsgleiche Gitterlage)

1. Bestrahlung am 22.1.1955 mit 2200 r.

Erythem nach 27 Tagen aufgetreten (Bild Nr.11).

2. Bestrahlung in das Erythem mit 2200 r.

Epitheliolyse nach 5 Tagen (nach der 2.Bestrahlung)
aufgetreten (Bild Nr.12).

Abheilung war nach 53 Tagen (nach der 2.Bestrahlung)
erreicht (Bild Nr.13).

Die Hautreaktionen auf Feld Nr.1 und 2, die mit je 4400 r belastet waren, sind, wie auf den Bildern 5 und 6 ersichtlich, gleich stark. Dagegen sieht man bei der Nachbestrahlung mit 2750 r auf Feld Nr.2, welches ihr mit ortsgleicher Gitterlage ausgesetzt war, eine weitaus stärkere und ausgedehntere Epitheliolyse als auf Feld Nr.1, bei dem das Gitter versetzt angelegt war. Es zeigt sich also in diesem Falle eindeutig eine schwerere Reaktion auf dem Feld, das mit ortsgleichem Gitter behandelt wurde. Bei Feld Nr.3 und 4 ist dieser Unterschied im Reaktionsgrad nicht so auffällig, obwohl die Gitteranordnung hier in derselben Weise variiert worden ist wie bei den ersten beiden Feldern.



Bild Nr.1

Bock mit doppelt
geteiltem Boden
und darauf ruhen-
dem Schwein. Der
Knopf vorne dient
zum Feststellen
des um die Längs-
achse schwenkbaren
Bockes.

Bild Nr.2

Das Schwein auf dem
Bock festgeschnallt
während der Be-
strahlung.



Bild Nr.3

Feld Nr.3
(versetzte Gitter-
lage)

Feld Nr.4
(ortsgleiche Git-
terlage)



Feld Nr.1
(versetzte Gitter-
lage)

Feld Nr.2
(ortsgleiche Gitter-
lage)

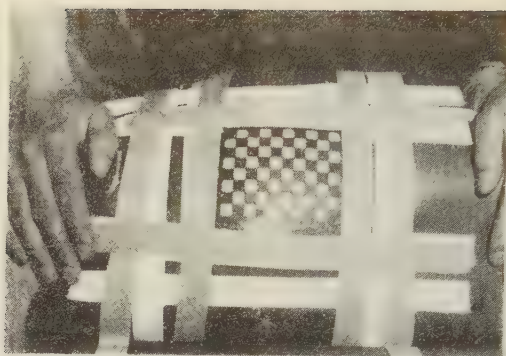


Bild Nr.4

Das Bleigummigitter wie es zur Bestrahlung auf dem Tier-rücken fixiert ist.

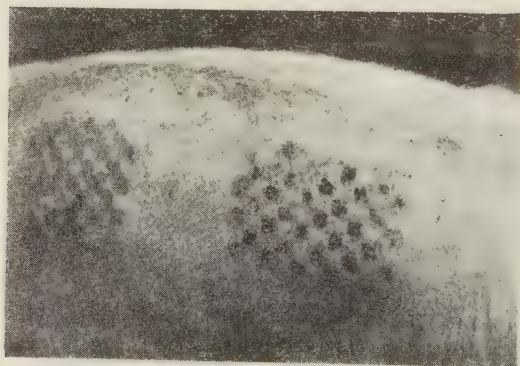


Bild Nr.5

Feld Nr.2 li.19 Tage,
Feld Nr.1 re.27 Tage
nach der 1.Bestrahlung, die mit 8 Tagen
Unterschied erfolgte.
Je Feld wurden
4400 r in einer Sit-
zung gegeben.

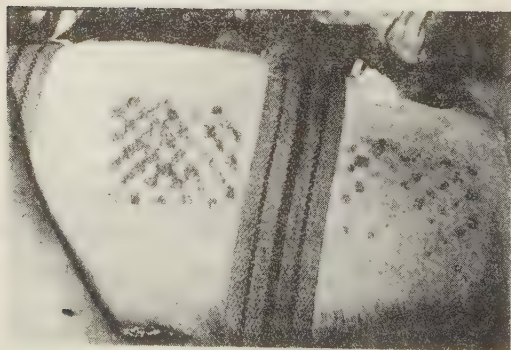


Bild Nr.6

Feld Nr.2 li.28 Tage,
Feld Nr.1 re.36 Tage
nach der 1.Bestrahlung. Li.Epithelioly-
se in voller Form,
re.die in Bild Nr.5
gezeigte Epithelio-
lyse bereits in der
Abheilung.

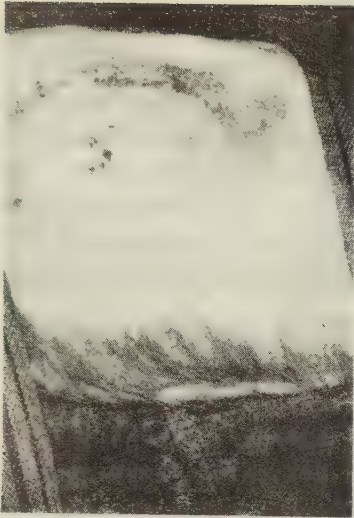


Bild Nr.7 (Feld Nr.2)

Abheilung 47 Tage nach Bestrahlung mit 4400 r. Die gitterförmige Pigmentierung ist kaum zu erkennen. Einige bestrahlte Felderchen sind hier markiert.

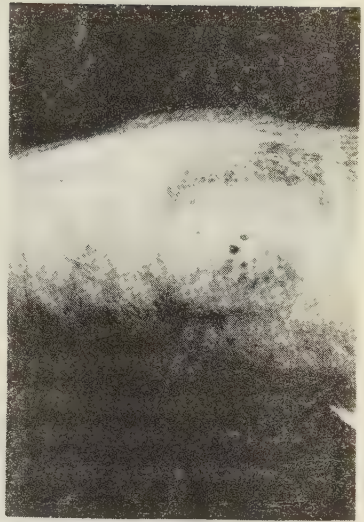


Bild Nr.8 (Feld Nr.1)

Abheilung 51 Tage nach Bestrahlung mit 4400 r. Die Pigmentierung der geschützten Felderchen ist eben zu erkennen.

Bild Nr.9

Feld Nr.2 li.13 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2750 r bei ortsgleicher Gitterlage. Schwere zusammenfließende Epitheliolyse. Feld Nr.1 re.21 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2750 r bei versetzter Gitterlage. Beginnende leichtere Epitheliolyse.

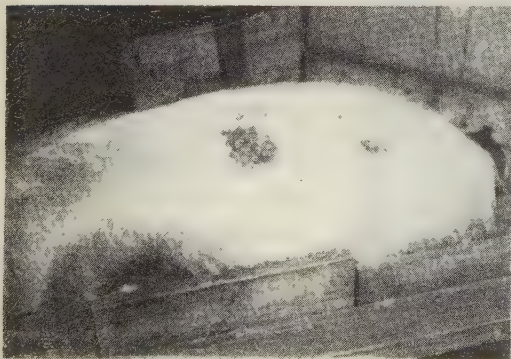




Bild Nr. 10

Feld Nr.3 mit schwachem Erythem, das nach 27 Tagen auf Bestrahlung mit 2200 r auftrat.



Bild Nr. 11

Feld Nr.4 mit schwachem Erythem, das nach 27 Tagen auf Bestrahlung mit 2200 r auftrat.



Bild Nr. 12

Feld Nr.3 11.5 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2200 r bei versetzter Gitterlage. Gitterförmige Epitheliolyse.

Feld Nr.4 re.5 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2200 r bei ortsgleicher Gitterlage. Gitterförmige Epitheliolyse.

Es zeigt sich lediglich aber auch bei der ortsgleichen Bestrahlungsmethode eine um 10 Tage länger dauernde Abheilungszeit.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Methode mit versetzter Gitterlage weniger schwere Hautreaktionen ergibt als die mit ortsgleicher Gitterlage. Ferner ist dabei nach den Versuchen zu empfehlen, die Dosis in kleineren Zeitabständen etwas geringer zu wählen, als in größeren Zeitabständen jeweils hohe Dosen zu verabreichen.

Das Ergebnis mit den verschiedenen Gitterlagen steht im Gegensatz zu den Erfahrungen anderer Autoren. Diese haben allerdings auch andere Gitterformen verwendet, bei denen mehrere nicht unterbrochene, durch das ganze Feld ziehende Hautstreifen geschützt werden, was bei dem hier verwendeten Gitter nicht der Fall war. Eine Bestätigung dieses Ergebnisses kann mit Hilfe größerer Versuchsreihen gewonnen werden; die dazu nötigen erheblichen finanziellen Mittel standen uns nicht zur Verfügung.

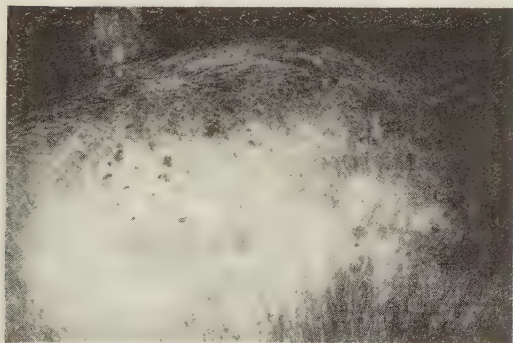


Bild Nr. 13

Feld Nr.4 li.53 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2200 r bei ortsgleicher Gitterlage. Abheilung gerade erreicht.

Feld Nr.3 re.53 Tage nach der Zweitbestrahlung mit 2200 r bei versetzter Gitterlage.

Das Feld 10 Tage nach der Abheilung.

III. Zusammenfassung.

Es wurde eine Röntgengitterbestrahlung am Schwein durchgeführt, um festzustellen, ob die Hautreaktionen bei Bestrahlung mit ortsgleicher oder versetzter Gitterlage schwerer sind. Außerdem wurde dabei die zeitliche Dosisverteilung verändert. Von vier angelegten Feldern wurden zwei mit der Hauttoleranzdosis durch ein schachbrettartiges Gitter bestrahlt. Nach Abheilung der Hautreaktionen erfolgte die Nachbestrahlung mit der halben Dosis auf dem einen Feld durch die versetzte und auf dem anderen durch die ortsgleiche Gitterlage. Die Bestrahlungsmethode mit der ortsgleichen Gitterlage zeigte eine stärkere Hautschädigung als die mit versetzter Gitterlage. Zwei weitere Felder wurden mit der halben Hauttoleranzdosis belastet, und die Zweitbestrahlung mit der gleichen Dosis schon in die maximale Hautreaktion hinein gegeben. Die Anlegung des Gitters wurde bei der Zweitbestrahlung wie bei den beiden ersten Feldern variiert. Es war hier bei dem Feld mit der ortsgleichen Gitterlage eine um 10 Tage länger dauernde Abheilungszeit zu beobachten. Neben den mildereren Hautreaktionen bei den versetzten Gitterlagen zeigte sich außerdem eine schonendere Hautbelastung bei der Verabreichung zeitlich gedrängterer aber etwas geringerer Dosen.

Schrifttum.

- 1.) Köhler, A.: Münch.med.Wschr. 56/2 (1909):2314
Fortschr.Röntgenstr.14 (1909): 27
Strahlentherapie 1 (1912): 121
- 2.) Abeles, F.: Fortschr.Röntgenstr.33 (1925):766
- 3.) Woenkhaus, E.: Röntgenpraxis,Leipzig,6 (1934):36
- 4.) Haring, W.: Strahlentherapie 51 (1934): 154
- 5.) Grynkrant, B. und Sitkowsky, J.: Strahlentherapie 56 (1936): 413
- 6.) Liberson, F.: Amer.J.Radiol. 20 (1933): 186
Amer.J.Röntgenol.36/2 (1936):245
- 7.) Jolles, B.: Brit.J.Radiol.14 (1941) : 110
23 (1950) : 18
27 (1954) : 407
Lancet, London 1949/2: 603
Brit.J.Cancer 1949/3: 27
Brit.J.Radiol. 25 (1952):395
- 8.) Marks, H.: J.Mount Sinai Hosp.,N.Y.,17 (1950):
Amer.Radiol.58 (1952): 338 46
- 9.) Bodstein,Ch. und Harris, W.: Fortschr.Röntgenstr. Sonderheft
75 (1951): 26
- 10.) Harris, W., Amer.J.Radiol.58 (1952): 343
- 11.) Jolles, B. und Mitchell, R.G.: Brit.J.Radiol.27 (1954): 407
- 12.) Freid,J.R.,Lipman,A. u.Jacobson, L.E.: Amer.J.Röntgenol.70 (1953):460
- 13.) Devois,A.,Tavernier, J.,radil. électrol., Paris,
C. u.Desanti, A.: 35 (1954) 1/2: 50
- 14.) Strelin, G.S.: D.dtsch. Gesundheitswesen 32 (1955)
Beilage
- 15.) Loevinger, R. und Minowitz, W.: J.Mount Sinai Hosp., N.Y.,
17 (1950): 49

- 16.) Mitchell, R.G.: Brit.J.Radiol.25 (1952): 403
- 17.) Jacobson,L.E. und Amer.J.Roentgenol. 67/3
Lipman, A.: (1952): 458
- 18.) Cohen, O.H. und Amer.J.Roentgenol.67/3 (1952):
Palazzo, W.L.: 470
- 19.) Jacobson, L.E.: Amer.J.Roentgenol.69/5 (1953):849
69/6 (1953):991
- 20.) Marcuse, H.R. und Strahlentherapie, Sonderband 32
Mellink, H.J.: (1953): 84
- 21.) Grynkrant, B.: Amer.J.Roentgenol.53 (1945):491
- 22.) Loevinger, R.: Amer.J.Radiol. 58 (1952): 351
- 23.) Wachsmann,F.,Heckel, Strahlentherapie 94/1 (1954):
u. Schirren, C.G.: 161.

L e b e n s l a u f .

Ich, Heinrich Hellmuth Hahn, wurde am 8. Januar 1927 als Sohn des Arztes Dr. med. Hellmuth Hahn und seiner Ehefrau Maria, geb. Kern in Bissendorf bei Hannover geboren.

Ich besuchte ab Ostern 1938 die Leibnizschule in Hannover, bis ich im Sommer 1943 als Luftwaffenhelfer einberufen wurde. Nach zweijähriger Militärdienstzeit einschließlich einer halbjährigen Kriegsgefangenschaft besuchte ich von 1946 an wieder die Leibnizschule, an der ich im März 1948 das Abitur bestand. Bis zur Aufnahme des Studiums im Wintersemester 1950/51 arbeitete ich als ungelernter Krankenpfleger und war im klinisch-chemischen und histologischen Labor des pathologischen Institutes der Hauptstadt Hannover tätig. Das erste Semester studierte ich in Innsbruck und die weiteren 9 Semester ausnahmslos in Erlangen, wo ich im Februar 1953 das Physikum bestand und im Wintersemester 1955/56 mit dem Staatsexamen mein Studium beendete.

Ich beabsichtige, praktischer Arzt zu werden.

Für die Überlassung der Arbeit möchte ich Herrn
Privatdozent Dr. Ing. F. Wachsmann hiermit meinen
verbindlichsten Dank aussprechen.

